

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 44 172.3

Anmeldetag: 23. September 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Antennenanordnung für ein Magnetresonanzgerät

IPC: G 01 R, A 61 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. Dezember 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Dzierzon

Beschreibung

Antennenanordnung für ein Magnetresonanzgerät

- 5 Die Erfindung betrifft eine Antennenanordnung für ein Magnetresonanzgerät, welche zwei benachbarte Einzelantennen umfasst, sowie ein Verfahren zum Messen von Magnetresonanzsignalen mit einer solchen Antennenanordnung.
- 10 Bei der MR-Untersuchung bestimmter Organe oder Körperteile eines Patienten werden zum Empfang der Kernspinresonanzsignale (MR-Signale) zunehmend sogenannte Oberflächenantennen eingesetzt. Diese Oberflächenantennen werden bei der Untersuchung relativ nah an der Körperoberfläche direkt am zu untersuchenden Organ bzw. Körperteil des Patienten angeordnet. Im
- 15 Gegensatz zu größeren, entfernter vom Patienten angeordneten Antennen, die in der Regel zur Erzeugung eines gesamten Schnittbilds durch einen Patienten genutzt werden, haben diese Oberflächenantennen folglich den Vorteil, dass sie näher
- 20 an den interessierenden Bereichen angeordnet werden. Dadurch wird der durch die elektrischen Verluste innerhalb des Körpers des Patienten verursachte Rauschanteil reduziert, was dazu führt, dass das sogenannte Signal-Rausch-Verhältnis (SNR: Signal-to-Noise-Ratio) einer Oberflächenantenne prinzipiell besser ist als das einer entfernteren Antenne. Nachteilig ist jedoch, dass eine einzelne Oberflächenantenne nur in
- 25 der Lage ist, ein effektives Bild innerhalb einer bestimmten räumlichen Ausdehnung zu erzeugen, welche in der Größenordnung des Durchmessers der Leiterschleife der Oberflächenantenne liegt. Daher sind die Einsatzmöglichkeiten für solche einzelnen Oberflächenantennen wegen des eingeschränkten Beobachtungsbereichs sehr begrenzt. Der Beobachtungsbereich lässt sich zwar durch Vergrößerung des Durchmessers der Leiterschleife der Oberflächenantenne erweitern. Mit der Vergrößerung der Leiterschleife ist aber gleichzeitig auch wieder
- 30 eine Vergrößerung der elektrischen Verluste im Körper des Patienten und damit einhergehendes größeres Rauschen verbunden.
- 35

Bei Verwendung einer einzelnen Oberflächenantenne muss daher immer ein Mittelweg zwischen möglichst guter Auflösung einerseits und möglichst großem Beobachtungsbereich andererseits gewählt werden. Eine Möglichkeit, den Beobachtungsbereich zu vergrößern ohne dabei im gleichen Maße die Auflösung zu verringern, besteht darin, mehrere benachbart zueinander angeordnete einzelne Oberflächenantennen zu verwenden, d.h. ein ganzes Feld von Einzelantennen einzusetzen, welche eine große Oberflächenantenne bilden.

10

Ein Problem bei der Verwendung einer solchen Antennenanordnung mit mehreren benachbarten Einzelantennen besteht jedoch darin, dass ein Hochfrequenzstrom in einer Einzelantenne eine Spannung in einer benachbarten Einzelantenne induzieren kann.

15

Dies wird üblicherweise als induktive Verkopplung der Antennen bezeichnet. Die induktive Verkopplung führt dazu, dass ein in einer der benachbarten Antennen erzeugtes Signal automatisch auch einen Signalanteil in der benachbarten Antenne verursacht. Die induktive Verkopplung verschlechtert folglich das Signal-Rausch-Verhältnis. Zudem ist der Aufwand bei einer Auswertung der Signale von verkoppelten Einzelantennen größer als bei nicht verkoppelten Einzelantennen. Daher sollte eine induktive Verkopplung der Einzelantennen möglichst vermieden werden.

25

Ein Verfahren zur Entkopplung benachbarter Antennen ist beispielsweise in der US 4,825,162 beschrieben. Hierbei wird die Entkopplung dadurch erreicht, dass sich die Leiterschleifen benachbarter Antennen um ein bestimmtes Maß überlappen, so dass insgesamt die induktive Kopplung zwischen den betreffenden Antennen minimal ist. Der Nachteil einer solchen geometrischen Entkopplung besteht darin, dass die Entwicklung der Antennenanordnung äußerst aufwändig ist, da zunächst versuchsweise eine Vielzahl von Antennenanordnungen mit verschiedenen Geometrien aufgebaut werden müssen, um die Geometrie, bei der die Kopplung minimal ist, zu finden. Darüber hinaus ist bei einer solchen Entkopplung immer eine Antennen-

35

anordnung notwendig, bei der sich alle benachbarten Einzelantennen in geeigneter Weise überlappen. D. h. Antennenanordnungen, bei denen zwischen benachbarten Antennen keinerlei Überlapp besteht, sind auf diese Weise nicht machbar.

5

Eine andere Möglichkeit, zwei benachbarte Antennen zu entkoppeln, wird in der US 5,708,361 beschrieben. Dort weisen die Leiterschleifen von zwei benachbarten Einzelantennen jeweils eine Unterbrechung auf, wobei die Unterbrechungen elektrisch parallel geschaltet werden und mit einem kapazitiven Element überbrückt werden. Durch diese Koppelkapazität wird die induzierte Spannung kompensiert. Die Entkopplung durch eine solche Koppelkapazität hat jedoch den Nachteil, dass die beiden benachbarten Einzelantennen galvanisch miteinander verbunden sind.

15

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, einen sogenannten Übertrager zu verwenden, der mit gleicher Koppelinduktivität, aber umgedrehten Vorzeichen auf die beiden benachbarten Antennen wirkt, so dass die Koppelinduktivität zwischen den Antennen kompensiert wird. Ein solcher Übertrager hat den Nachteil, dass er relativ schwierig zu konstruieren ist. Zudem weist er in der Regel eine relativ große Bauhöhe auf und eignet sich daher insbesondere nicht für eine Verwendung in sehr flachen Antennenanordnungen, die beispielsweise direkt auf den Patienten aufgelegt oder unter den Patienten gelegt werden sollen.

25

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Alternative zu dem bekannten Stand der Technik anzugeben, durch die auf kostengünstige und einfache Weise eine Entkopplung zweier benachbarter Einzelantennen möglich ist.

30

Diese Aufgabe wird durch eine Antennenanordnung gemäß Patentanspruch 1 sowie durch ein Verfahren zum Messen von Magnetresonanzsignalen gemäß Patentanspruch 13 gelöst.

35

Erfindungsgemäß wird hierbei zur Entkopplung eine galvanisch kontaktfreie Entkoppelspule verwendet, welche so ausgebildet und/oder angeordnet ist, dass sie mit den beiden benachbarten Einzelantennen induktiv derart gekoppelt ist, dass die induktive Kopplung zwischen den beiden betreffenden Einzelantennen minimal ist. Der Begriff „galvanisch-kontaktfrei“ bedeutet hierbei, dass die Entkoppelspule keinerlei galvanischen Kontakt zu anderen Komponenten hat. D. h. die Entkoppelspule ist erdfrei und weist auch keinerlei Anschlüsse zu irgendwelchen Messgeräten, Verstärkern oder anderen Antennen auf, sondern sie ist „frei floatend“ nur induktiv mit den jeweiligen Einzelantennen gekoppelt.

Bei dieser Entkopplungsmethode wird ausgenutzt, dass auch in der Entkoppelspule durch die induktive Kopplung mit den beiden zu entkoppelnden Einzelantennen jeweils ein Strom induziert wird und dass dieser Strom wiederum induktiv auf die beiden Einzelantennen zurückkoppelt. Bei entsprechender Ausgestaltung und Anordnung kann die Kopplung der Entkoppelspule zu den zu entkoppelnden Einzelantennen so eingestellt werden, dass die induktive Koppelung zwischen den Einzelantennen und der Entkoppelspule die induktive Kopplung zwischen den benachbarten Einzelantennen nahezu vollständig - im Idealfall vollständig - aufhebt, so dass die Einzelantennen voneinander entkoppelt sind.

Die Kopplung zwischen der Entkoppelspule und den Einzelantennen kann dabei im Prinzip durch eine geeignete Koppelgeometrie, beispielsweise durch eine passende Wahl der Fläche der Koppelspule oder des Abstands zu den Einzelantennen, so eingestellt werden, dass die induktive Kopplung zwischen den benachbarten Einzelantennen minimal ist. Vorzugsweise ist aber innerhalb der Entkoppelspule ein kapazitives Bauteil und/oder ein induktives Bauteil geschaltet, welches den Strom auf der Entkoppelspule auf einen bestimmten Wert festlegt, bei dem die induktive Kopplung zwischen den beiden zu entkoppelnden Einzelantennen minimal ist. Auf diese Weise ist ohne eine

aufwändige Veränderung der Koppelgeometrie eine Minimierung der Kopplung zwischen den Einzelantennen möglich. Da kapazitive Bauteile in der Regel bessere Güten als vergleichbare Induktivitäten haben, wird besonders bevorzugt ein kapazitives Bauteil, beispielsweise ein geeigneter Kondensator, verwendet.

Wegen des geringeren Aufwands wird im Normalfall innerhalb einer Serienproduktion der Antennenanordnung ein kapazitives bzw. induktives Bauteil mit einem festen Wert eingesetzt, nachdem zunächst in der Konstruktionsphase der optimale Wert durch eine Justage eines verstellbaren Bauteils ermittelt wurde. Bei einer entsprechenden Fertigungsqualität mit einer hohen Reproduzierbarkeit ist dies ohne weiteres möglich. Es ist aber auch möglich, bei der Produktion der Antennenanordnung ein verstellbares Bauteil einzusetzen, beispielsweise einen ansteuerbaren Trimmkondensator. Auf diese Weise ist die Entkoppelspule im Betrieb jederzeit beispielsweise über das MR-Gerät bei einer Veränderung anderer die Kopplung beeinflussender Parameter nachjustierbar, um so den optimalen Strom einzustellen und die Kopplung zwischen den zu entkoppelnden Nachbarantennen zu minimieren

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Antennenanordnung umfassen die beiden benachbarten Einzelantennen jeweils eine Leiterschleife, welche im Wesentlichen in einer gemeinsamen Antennenebene angeordnet sind. Dabei ist der Begriff „Antennenebene“ so zu verstehen, dass hiervon auch Bauformen umfasst sind, in denen die Leiterschleifen in zwei aneinander grenzenden oder in einem kurzen Abstand zueinander liegenden, parallelen Ebenen benachbart bzw. auch teilweise überlappend zueinander angeordnet sind. Die Antennenebene kann hierbei auch in beliebiger Form an ein Antennengehäuse und/oder an sonstige Umgebungsbedingungen, z.B. den Körper des Patienten, angepasst sein, d.h. beispielsweise um einen Zylinder gewickelt oder sonstwie gekrümmt sein. Ein typisches Beispiel hierfür ist der Aufbau

der Leiterschleifen in Form von Leiterbahnen in einer Multilayer-Platine oder -Leiterbahnfolie.

5 Dabei bilden die Einzelantennen ein sogenanntes Antennenarray, wobei explizit darauf hingewiesen wird, dass in der Beschreibung sowie in den später dargestellten Ausführungsbeispielen in der Regel zwar der Einfachheit halber davon ausgegangen wird, dass die Einzelantennen und auch die Entkoppelspulen jeweils aus einer einzelnen, gegebenenfalls in spezieller Weise geformten Leiterschleife bestehen. Insofern
10 können die Begriffe „Einzelantenne“ bzw. „Entkoppelspule“ und „Leiterschleife“ auch synonym verwendet werden. Eine Einzelantenne bzw. eine Entkoppelspule kann jedoch darüber hinaus auch noch weitere Komponenten wie z. B. weitere Leiterschleifen, Kapazitäten, Induktivitäten, Abstimmrichtungen etc.
15 aufweisen. Die Erfindung ist daher nicht auf Einzelantennen bzw. Entkoppelspulen mit nur einer Leiterschleife beschränkt.

20 Für die Anordnung der Entkoppelspule zur Entkopplung solcher im Wesentlichen in einer Antennenebene liegender Einzelantennen gibt es verschiedene Möglichkeiten.

25 Bei einer Variante weist die Entkoppelspule eine Leiterschleife auf, die in einer im Wesentlichen senkrecht zu den benachbarten, zu entkoppelnden Einzelantennen stehenden Ebene angeordnet ist.

30 Bei einer anderen Variante weist die Entkoppelspule eine Leiterschleife auf, die in einer im Wesentlichen parallel zu der benachbarten, zu entkoppelnden einzeln liegenden Ebene angeordnet ist.

35 Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel dieser zweiten Variante ist die Leiterschleife der Entkoppelspule nach Art einer Acht gewickelt und so parallel zu den zu entkoppelnden Einzelantennen angeordnet, dass jeweils eine Schleifenhälfte sich mit einer der beiden Einzelantennen zu-

mindest teilweise in Überdeckung befindet. Eine solche achtförmige Leiterschleife wird auch „Doppel-Loop“ oder „Butterfly“-Entkoppelspule genannt. Diese geometrische Form hat den Vorteil, dass sie unempfindlicher gegen Anregungen aus einem
5 homogenen Feld ist und dass außerdem keine Einkopplung des Sendefelds erfolgt, da der Nettofluss wegen der Gegenläufigkeit der beiden Schleifenteile im Idealfall Null ist.

Bei einem besonders bevorzugten Aufbau eines solchen Antennenarrays sind mehrere Einzelantennen jeweils in Reihen und
10 Spalten in einer Antennenebene angeordnet, wobei immer die in einer bestimmten Reihe direkt benachbarten Einzelantennen und die in einer bestimmten Spalte direkt benachbarten Einzelantennen zur Entkopplung einander überlappend angeordnet sind.
15 Die jeweils diagonal, d. h. über Eck benachbarten Einzelantennen sind dagegen mittels einer Entkoppelspule, beispielsweise einer Butterfly-Entkoppelspule, voneinander entkoppelt.

Hierbei können jeweils immer die beiden diagonal zueinander
20 benachbarten Einzelantennen, welche zu einer Gruppe von je vier in zwei Reihen und Spalten angeordneten Einzelantennen gehören, durch eine Butterfly-Entkoppelspule entkoppelt sein. Vorzugsweise sollten die achtförmigen Leiterschleifen jeweils mit ihrer Symmetrieachse parallel zur Verbindungsdiagonalen
25 der zu entkoppelnden Einzelantennen verlaufen, so dass sie mit ihren Symmetrieachsen im Wesentlichen senkrecht zueinander stehen. Durch diese senkrecht zueinander stehende Anordnung ist dafür gesorgt, dass sich die Entkoppelspulen nicht untereinander stören.

30

Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Figuren anhand von Ausführungsbeispielen noch einmal näher erläutert. Es zeigen:

35 FIG 1 eine schematische Darstellung der induktiven Verkopplung zwischen zwei benachbarten Oberflächenantennen,

- FIG 2 ein vereinfachtes Ersatzschaltbild für die Antennenanordnung gemäß Figur 1,
- 5 FIG 3 eine schematische Darstellung der induktiven Verkopplung der beiden Antennen gemäß Figur 1 bei Anordnung einer erfindungsgemäßen Entkoppelspule gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,
- 10 FIG 4 ein vereinfachtes Ersatzschaltbild für die Anordnung der Antennen und der Entkoppelspule gemäß Figur 3,
- 15 FIG 5 eine schematische Darstellung der induktiven Verkopplung der beiden Spulen gemäß Figur 1 bei Anordnung einer erfindungsgemäßen Entkoppelspule gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,
- 20 FIG 6 ein vereinfachtes Ersatzschaltbild für die Anordnung der Antennen und der Entkoppelspule gemäß Figur 5,
- 25 FIG 7 eine Darstellung der geometrischen Anordnung eines Antennenarrays von vier in zwei Reihen und zwei Spalten nebeneinander angeordneten Einzelantennen, welche sich teilweise überlappen,
- 30 FIG 8 eine Draufsicht auf die geometrische Form eines speziellen Ausführungsbeispiels für eine Butterfly-Entkoppelspule,
- 35 FIG 9 eine schematische Draufsicht auf den Einsatz einer Entkoppelspule gemäß Figur 8 zur Entkopplung zweier diagonal angeordneten Einzelantennen aus Figur 7,
- FIG 10 eine Draufsicht auf die Antennenanordnung aus Figur 8 einschließlich der Anordnung der Entkoppelspulen

gemäß Figur 7 zur Entkopplung der jeweils diagonalen, sich nicht überlappenden, benachbarten Einzelantennen.

5 In Figur 1 ist anschaulich dargestellt, wie eine benachbarte Anordnung zweier Einzelantennen 1, 2 zu einer induktiven Verkopplung dieser Antennen 1, 2 führt. Der Einfachheit halber wird hier davon ausgegangen, dass es sich bei den Antennen 1, 2 jeweils um eine einfache kreisförmige Spule bzw. Leiter-
10 schleife handelt.

Diese Antennen 1, 2 befinden sich dabei in einem bestimmten Abstand voneinander oberhalb einer Oberfläche 0 eines Patienten, welcher hier eine resistive Last bildet. Durch einen
15 hochfrequenten Strom I_1 , beispielsweise hervorgerufen durch den Empfang eines MR-Signals, wird innerhalb der Leiterschleife der ersten Antenne 1 ein magnetisches Feld F erzeugt, welches auch in den Bereich der Leiterschleife der zweiten Antenne 2 hineinragt. Durch dieses magnetische Feld F
20 wird dort eine Spannung und somit ein Strom induziert. Ebenso koppelt aufgrund eines Hochfrequenzstroms I_2 die Antenne 2 in die Antenne 1 über.

Die genauen Verhältnisse lassen sich am besten unter Betrachtung eines vereinfachten Ersatzschaltbilds (Figur 2) dieser
25 Anordnung beschreiben. Die beiden Antennen 1, 2 sind hier in rechteckiger Form dargestellt, was aber für das Prinzip unerheblich ist. Neben den Strömen I_1 und I_2 sind auch die Stromrichtungen SR_1 , SR_2 sowie die zugehörigen Spannungen U_1 , U_2 an den Toren (in Figur 1 nicht dargestellt) der Antennen 1, 2
30 eingezeichnet. Die induktive Verkopplung zwischen den benachbarten Antennen 1, 2 ist als Gegeninduktivität M_{12} schematisch dargestellt. Aufgrund der bestehenden Gegeninduktivität M_{12} induziert der in der Antenne 1 vorliegende Strom I_1 eine
35 Spannung U_{21} in der Antenne 2. Ebenso induziert der Strom 2 in der Antenne 2 eine Spannung U_{12} in der Antenne 1. Diese induzierten Spannungen tragen zur Gesamtspannung U_1 , U_2 der je-

weiligen Antenne 1, 2 bei, welche jeweils das eigentliche Messsignal an der betreffenden Antenne 1, 2 bilden. D. h. die jeweilige Spannung U_1 , U_2 auf den Antennen 1, 2, ist durch

$$5 \qquad I_1 \cdot j\omega L_1 + U_{12} = U_1 \qquad (1a)$$

$$I_2 \cdot j\omega L_2 + U_{21} = U_2 \qquad (1b)$$

gegeben. Hierbei sind L_1 und L_2 die Induktivitäten der beiden
10 Leiterschleifen der Antennen 1, 2. ω ist die Kreisfrequenz
des hochfrequenten Stroms, d. h. die Frequenz des zu empfan-
genden MR-Signals und j die Imaginärzahl. Der Term $j\omega L_1$ bzw.
15 $j\omega L_2$ ist die „normale“ Impedanz bzw. Reaktanz der jeweiligen
Antenne 1, 2.

Die jeweils zusätzlich induzierten Spannungen U_{12} bzw. U_{21} er-
geben sich wie folgt:

$$20 \qquad U_{12} = I_2 \cdot j\omega M_{12} \qquad (2a)$$

$$U_{21} = I_1 \cdot j\omega M_{12} \qquad (2b)$$

Hierbei ist M_{12} die Gegeninduktivität, die in beiden Richtun-
gen, d. h. für die Überkopplung von der ersten Antenne 1 in
25 die zweite Antenne 2 und für die Überkopplung von der zweiten
Antenne 2 in die erste Antenne 1 vom Betrag her gleich ist.
Der Term $j\omega M_{12}$ ist die sogenannte Koppelimpedanz zwischen
den beiden Antennen 1, 2.

30 Insgesamt erhält man somit für die Spannungen U_1 , U_2 auf den
beiden Antennen 1, 2:

$$I_1 \cdot j\omega L_1 + I_2 \cdot j\omega M_{12} = U_1 \qquad (3a)$$

$$35 \qquad I_1 \cdot j\omega M_{12} + I_2 \cdot j\omega L_2 = U_2 \qquad (3b)$$

Es ist klar, dass eine derartige Kopplung, bei der ein an einer Antenne 1, 2 auftreffendes Signal auch gleichzeitig in eine benachbarte Antenne 2, 1 überkoppelt, zum einen die Empfangsqualität mindert und zum anderen auch zu einem erhöhten Aufwand bei der Auswertung der Signale führt und daher vermieden werden sollte.

Figur 3 zeigt noch einmal eine Antennenanordnung mit zwei benachbarten Einzelantennen 1, 2, gemäß Figur 1. Jedoch ist hier eine erfindungsgemäße Entkoppelspule 3 in die Nähe der beiden Antennen 1, 2, gebracht. Diese Entkoppelspule 3 hat keinerlei galvanischen Kontakt zu irgendwelchen anderen Antennen, Erdpotentialen, Messgeräten etc. Die Entkoppelspule 3 ist dabei in einer senkrecht zur Ebene der Antennen 1, 2 zwischen den Antennen 1, 2, hindurch verlaufenden Ebene knapp oberhalb der Antennen 1, 2 angeordnet.

Durch die Ströme I_1 und I_2 in den Antennen 1, 2 wird ein Strom I_3 in der Entkoppelspule 3 induziert. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist in die Entkoppelspule 3 eine Kapazität C_3 , hier ein Trimmkondensator, geschaltet. Durch die Auswahl der Kapazität C_3 können der Betrag und das Vorzeichen von I_3 eingestellt werden.

Im Folgenden wird gezeigt, wie durch eine geeignete Wahl der Kapazität C_3 und somit durch passende Einstellung des induzierten Stroms I_3 in der Entkoppelspule 3 die Kopplung zwischen den beiden Antennen 1, 2 minimiert werden kann.

Hierzu wird zunächst auf Figur 4 verwiesen, welche ein vereinfachtes Ersatzschaltbild für die zuvor gezeigte Anordnung zeigt. Neben den Strömen I_1 , I_2 , I_3 auf den Antennen 1, 2 sowie auf der Entkoppelspule 3 sind hier zusätzlich die Stromrichtungen SR_1 , SR_2 , SR_3 und die zwischen den beiden Antennen 1, 2 sowie jeweils zwischen den Antennen 1, 2 und der Entkoppelspule 3 gegebenen Gegeninduktivitäten M_{12} , M_{13} , M_{23} eingezeichnet.

Außerdem sind die an den Toren der Antennen 1, 2 anliegenden Spannungen U_1 , U_2 sowie für die zweite Antenne 2 die über die erste Antenne 1 und über die Entkoppelspule 3 induzierten Spannungen U_{21} , U_{23} eingezeichnet. Hieraus wird klar, dass genau dann das von dem Hochfrequenzstrom I_1 der ersten Antenne 1 auf die zweite Antenne 2 übergekoppelte Signal Null ist, wenn $U_{21} + U_{23} = 0$ ist. Entsprechendes gilt auch für die umgekehrte Kopplung von der zweiten Antenne 2 auf die erste Antenne 1.

Um den dazu erforderlichen Wert des Stroms I_3 auf der Entkoppelspule 3 bzw. den entsprechenden Wert der Kapazität C_3 zu berechnen, bieten sich als Ausgangspunkt die Maschengleichungen für das Ersatzschaltbild gemäß Figur 4 an:

Masche 1:

$$I_1 \cdot j\omega L_1 + I_2 \cdot j\omega M_{12} - I_3 \cdot j\omega M_{13} = U_1 \quad (4a)$$

Masche 2:

$$I_1 \cdot j\omega M_{12} + I_2 \cdot j\omega L_2 + I_3 \cdot j\omega M_{23} = U_2 \quad (4b)$$

Masche 3:

$$-I_1 \cdot j\omega M_{13} + I_2 \cdot j\omega M_{23} + I_3 \cdot \left(j\omega L_3 + \frac{1}{j\omega C_3} \right) = 0 \quad (4c)$$

Durch Auflösen der Gleichung (4c) nach I_3 erhält man

$$I_3 = -I_1 \frac{\omega^2 M_{13} C_3}{1 - \omega^2 L_3 C_3} + I_2 \frac{\omega^2 M_{23} C_3}{1 - \omega^2 L_3 C_3} \quad (5)$$

Setzt man Gleichung (5) in die Gleichungen (4a) und (4b) für die jeweiligen Maschen der ersten Antenne 1 und der zweiten Antenne 2 ein, so erhält man:

$$I_1 \cdot \left(j\omega L_1 + j\omega \frac{\omega^2 M_{13} M_{13} C_3}{1 - \omega^2 L_3 C_3} \right) + I_2 \cdot \left(j\omega M_{12} - j\omega \frac{\omega^2 M_{13} M_{23} C_3}{1 - \omega^2 L_3 C_3} \right) = U_1 \quad (6a)$$

$$I_1 \cdot \left(j\omega M_{12} - j\omega \frac{\omega^2 M_{13} M_{23} C_3}{1 - \omega^2 L_3 C_3} \right) + I_2 \cdot \left(j\omega L_2 + j\omega \frac{\omega^2 M_{23} M_{23} C_3}{1 - \omega^2 L_3 C_3} \right) = U_2 \quad (6b)$$

- 5 Eine Entkopplung liegt dann vor, wenn U_1 unabhängig von I_2 und U_2 unabhängig von I_1 ist. Der jeweilige Koppelterm, d. h. der zweite Term in Gleichung (6a), welcher den von dem auf der zweiten Antenne 2 vorliegenden Strom I_2 induzierten Anteil der auf der ersten Antenne 1 anliegenden Spannung U_1 angibt, sowie der erste Term in Gleichung (6b), welcher umgekehrt den von dem auf der ersten Antenne 1 vorliegenden Strom I_1 induzierten Anteil der auf der zweiten Antenne 2 anliegenden Spannung U_2 angibt, soll folglich zu Null werden. D. h. es soll gelten:

15

$$j\omega M_{12} - j\omega \frac{\omega^2 M_{13} M_{23} C_3}{1 - \omega^2 L_3 C_3} = 0 \quad (7)$$

- Sobald Gleichung (7) erfüllt ist, besteht keine Verkopplung zwischen den beiden benachbarten Antennen 1, 2 mehr. Durch
20 Auflösung der Gleichung (7) nach C_3 ergibt sich:

$$C_3 = \frac{M_{12}}{\omega^2 (M_{13} M_{23} + L_3 M_{12})} \quad (8)$$

- D. h. bei bekannter Induktivität L_3 der Entkoppelspule 3 sowie bei bekannten Gegeninduktivitäten M_{12} , M_{13} , M_{23} sowie bekannter Kreisfrequenz ω lässt sich der Wert der Kapazität C_3 eindeutig bestimmen, bei dem die Kopplung zwischen den benachbarten Antennen 1, 2 ausgeschaltet ist.

- 30 Da die Gegeninduktivitäten M_{12} , M_{13} , M_{23} normalerweise nicht bekannt und auch nur schwierig zu ermitteln sind, wird vorzugsweise - wie in den Figuren 3 und 4 dargestellt - ein Trimmkondensator verwendet, der so lange justiert wird, bis

das Minimum der Kopplung zwischen den Antennen 1 und 2 erreicht ist. Im Normalfall ist davon auszugehen, dass alle die Kapazität C_3 gemäß Gleichung (8) bestimmenden Parameter bei einem gegebenen Aufbau und Anordnung der Entkoppelspule 3 sowie einer feststehenden Antennengeometrie konstant sind. Daher kann, sofern der richtige Wert der Kapazität C_3 einmal gefunden ist, auch ein Kondensator mit einem konstanten Wert verwendet werden.

Wie Gleichung (8) außerdem zeigt, ist darauf zu achten, dass die Kopplung zwischen der Entkoppelspule 3 und den Antennen 1, 2 nicht zu klein wird. Würden die Gegeninduktivitäten M_{13} , M_{23} gegen Null gehen, so würde die Entkoppelschleife 3 resonant und es fließen dort sehr hohe Ströme. Dieses Problem lässt sich aber durch einen passenden geometrischen Aufbau der Koppelspule 3 leicht vermeiden.

Figur 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Entkoppelspule 4. Die Entkoppelspule 4 liegt hier in einer parallelen Ebene über der Ebene der beiden Antennen 1, 2 und weist eine achtförmige Leiterschleife auf, wobei sich eine Schleifenhälfte 4a über der ersten Antenne 1 und die zweite Schleifenhälfte 4b über der zweiten Antenne 2 befindet. Eine solche Entkoppelspule 4 wird auch als Butterfly-Entkoppelspule 4 bezeichnet. Der Strom I_4 ist in den beiden Spulenhälften 4a, 4b jeweils gegenläufig.

Auch bezüglich dieser Anordnung wird wieder auf ein Ersatzschaltbild (Figur 6) verwiesen, in der die einzelnen Verkopplungen M_{12} , M_{14} , M_{24} und induzierten Spannungen U_{21} , U_{24} sowie die Ströme I_1 , I_2 , I_4 und Stromrichtungen SR_1 , SR_2 , SR_{4a} , SR_{4b} anschaulicher dargestellt sind. Dabei ist wieder die von dem auf der Antenne 1 vorliegenden Strom I_1 in der Antenne 2 induzierte Spannung dann Null, wenn $U_{21} + U_{24} = 0$ gilt.

Ausgangspunkt der Berechnungen sind wiederum die Maschengleichungen für das Ersatzschaltbild (Figur 6):

Masche 1:

$$I_1 \cdot j\omega L_1 + I_2 \cdot j\omega M_{12} + I_4 \cdot j\omega M_{14} = U_1 \quad (9a)$$

5

Masche 2:

$$I_1 \cdot j\omega M_{12} + I_2 \cdot j\omega L_2 + I_4 \cdot j\omega M_{24} = U_2 \quad (9b)$$

10

Masche 3:

$$I_1 \cdot j\omega M_{14} + I_2 \cdot j\omega M_{24} + I_4 \cdot \left(j\omega L_4 + \frac{1}{j\omega C_4} \right) = 0 \quad (9c)$$

Aus der Maschengleichung (9c) für die Entkoppelspule 4 ergibt
sich wiederum

15

$$I_4 = I_1 \frac{\omega^2 M_{14} C_4}{1 - \omega^2 L_4 C_4} + I_2 \frac{\omega^2 M_{24} C_4}{1 - \omega^2 L_4 C_4} \quad (10)$$

Wird Gleichung (10) in die Gleichungen (9a) und (9b) eingesetzt, so erhält man:

20

$$I_1 \left(j\omega L_1 - j\omega \frac{\omega^2 M_{14} M_{14} C_4}{1 - \omega^2 L_4 C_4} \right) + I_2 \left(j\omega M_{12} - j\omega \frac{\omega^2 M_{14} M_{24} C_4}{1 - \omega^2 L_4 C_4} \right) = U_1 \quad (11a)$$

$$I_1 \left(j\omega M_{12} - j\omega \frac{\omega^2 M_{14} M_{24} C_4}{1 - \omega^2 L_4 C_4} \right) + I_2 \left(j\omega L_2 - j\omega \frac{\omega^2 M_{24} M_{24} C_4}{1 - \omega^2 L_4 C_4} \right) = U_2 \quad (11b)$$

25

Wird hier wieder gefordert, dass der jeweilige Koppelterm, d. h. der zweite Term in Gleichung (11a) und der erste Term in Gleichung (11b) gleich Null wird, so erhält man aus dieser Bedingung schließlich für die für die Entkopplung notwendige

30 Kapazität:

$$C_4 = \frac{M_{12}}{\omega^2 (M_{12} L_4 - M_{14} M_{24})} \quad (12)$$

Auch bei einer solchen Butterfly-Entkoppelspule 4 ist folglich durch die Wahl des Kondensators C_4 eine im Idealfall vollständige Entkopplung der benachbarten Antennen 1, 2 möglich.

Hierbei ist jedoch zu beachten, dass durch das Minuszeichen im Nenner der Gleichung (12) der erforderliche Wert der Kapazität C_4 auch negativ sein kann. Es müsste dann ein induktives Bauelement verwendet bzw. der Kondensator C_4 durch eine passende Spule ausgetauscht werden. Da Induktivitäten jedoch niedrigere Güten als vergleichbare Kapazitäten haben, wird bevorzugt eine Kapazität verwendet und stattdessen die Kopplung zwischen der Entkoppelspule 4 und den Antennen 1, 2 so eingestellt, dass ein negatives Vorzeichen vermieden wird. Dabei muss nur darauf geachtet werden, dass die Gegeninduktivitäten M_{14} und M_{24} nicht zu groß werden, d. h. der Abstand zwischen der Entkoppelspule 4 und den zu entkoppelnden Antennen 1, 2 darf nicht zu eng werden. Eine andere Alternative, ein negatives Vorzeichen zu vermeiden, besteht darin, die Induktivität L_4 der Entkoppelspule 4 zu vergrößern.

Die Verwendung einer Butterfly-Entkoppelspule 4 hat mehrere Vorteile. Zum einen ist eine solche Entkoppelspule 4 unempfindlicher gegen Anregungen aus dem homogenen Feld der MR-Einrichtung, da der Nettofluss aufgrund der Gegenläufigkeit der beiden Teilschleifen 4a, 4b gleich Null ist. Dies sorgt auch dafür, dass das Sendefeld nicht in die Entkoppelspule 4 eingekoppelt wird. Eine solche Einkoppelung des Sendefelds würde ansonsten zu einer lokalen Felderhöhung und somit zu einer Erwärmung bestimmter Bereiche im Patienten führen. D.h. es würde dadurch das sogenannte „SAR“ (Specific Absorption Ratio) lokal erhöht und gegebenenfalls vorgegebene Grenzwerte überschritten. Bei der Verwendung einer Butterfly-Entkoppelspule 4 sind keinerlei weitere Maßnahmen notwendig, um eine solche Einkopplung des Feldes zu verhindern, d. h. es ist

beispielsweise nicht notwendig, die Entkoppelschleife während der Sendephase zu verstimmten.

5 In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass der Wert des kapazitiven Elements bei jeder der erfindungsgemäßen Entkoppelspulen 3, 4 erfindungsgemäß ohnehin so eingestellt wird, dass der induzierte Strom I_3 , I_4 für eine Entkoppelung der benachbarten Antennen 1, 2 optimal ist. Dies impliziert gleichzeitig, dass - anders als bei den Antennen 1, 2 selbst, welche
10 ebenfalls beispielsweise mit verstellbaren Kondensatoren ausgestattet sein können - keine Regelung der Eigenresonanz auf die MR-Frequenz erfolgt. Auch aus diesem Grund sind die erfindungsgemäßen Entkoppelspulen 3, 4 transparent für das Sendefeld und brauchen in der Sendephase nicht explizit ver-
15 stimmt zu werden.

Die Figuren 7 bis 9 zeigen jeweils verschiedene einzelnen Komponenten oder Teilaufbauten einer kompletten Antennenanordnung gemäß Figur 10. Hierbei handelt es sich um ein Feld
20 von vier in zwei Reihen und Spalten nebeneinander angeordneten Einzelantennen 6, 7, 8, 9, welche jeweils eine oktogonförmige Leiterschleife aufweisen.

Figur 7 zeigt die Anordnung der Antennen 6, 7, 8, 9 von oben,
25 wobei hier nur grob schematisch die Form und Lage der Leiterschleifen der Antennen 6, 7, 8, 9 dargestellt sind. In die Leiterschleifen geschaltete Kondensatoren zur Abstimmung der einzelnen Antennen 6, 7, 8, 9 auf Resonanz mit dem MR-Signal sowie die Anschlüsse zum Abgriff der empfangenen MR-Signale
30 sind nicht dargestellt.

Eine Entkoppelung zweier in einer Spalte bzw. in einer Reihe nebeneinander liegender Antennen 6, 7, 8, 9 erfolgt hier in klassischer Weise durch einen Überlapp der benachbarten Leiterschleifen, wobei der Überlappbereich 10 jeweils so groß
35 gewählt ist, dass die Koppelung zwischen den betreffenden Spulen 6, 7, 8, 9 minimal ist.

Die oktagonale Form hat dabei den Vorteil, dass die Leiterschleifen sich zum Überlapp jeweils rechtwinklig kreuzen und daher die Leiterbahnen verschiedener Antennen nicht eng nebeneinander parallel verlaufen. Außerdem ist durch diese Anordnung dafür gesorgt, dass in einem Überlappbereich 10 jeweils nur zwei benachbarte Leiterschleifen 6, 7, 8, 9 überlappen. Die oktagonale Form hat außerdem den Vorteil, dass hiermit näherungsweise die ideale Kreisform einer Antenne erreicht wird, d. h. das Verhältnis zwischen umschlossener Fläche und Länge der Leiterschleife ist hier relativ groß. Somit wird ein hoher Wirkungsgrad erreicht.

Nachteilig bei dieser Anordnung ist jedoch, dass keine Entkoppelung zwischen diagonal benachbarten Antennen, d. h. beispielsweise zwischen der Antenne 6 links oben und der Antenne 8 rechts unten sowie zwischen der Antenne 7 rechts oben und der Antenne 9 links unten stattfindet. Auch diese diagonal zueinander benachbarten Antennen 6, 7, 8, 9 koppeln aber inductiv ineinander über.

Um diese diagonal benachbarten Spulen 6, 7, 8, 9 voneinander zu entkoppeln, kann eine erfindungsgemäße Butterfly-Entkoppelspule 4 - wie in Figur 8 dargestellt - verwendet werden. Die Entkoppelspule 4 ist hier mit einer festen Kapazität C_K , d.h. einem Kondensator mit konstantem Wert ausgestattet. Der Wert des Kondensators wurde bei der Entwicklung der Geometrie ermittelt, indem in der Entwicklungsphase anstelle einer konstanten Kapazität C_K ein verstellbarer Kondensator verwendet wurde, der so lange justiert wurde, bis der passende Wert, bei dem die Koppelung der gewünschten benachbarten Antennen 6, 7, 8, 9 minimal ist, gefunden wurde. Bei entsprechend hoher Fertigungsqualität mit ausreichender Reproduzierbarkeit der Spulengeometrien und der Induktivitäten der einzelnen Leiterschleifen innerhalb der Produktionsserien kann dann ohne weiteres bei der eigentlichen Produktion eine Kapazität C_K mit einem konstanten Wert eingesetzt

werden. Dies ist zum einen unkomplizierter und zum anderen kostengünstiger.

Die Anordnung der Entkoppelspule 4 über zwei diagonal benachbarten Antennen 6, 8 ist in Figur 9 gesondert dargestellt. Durch die Entkoppelung der diagonal benachbarten Antennen 6, 8 mittels einer erfindungsgemäßen Entkoppelungsspule 4 ist es nicht notwendig, die diagonal benachbarten Antennen 6, 8 so zu verformen, dass auch hier ein Überlapp zur Entkoppelung erreicht wird. D. h. es braucht nicht von der ansonsten idealen oktogonalen Form der Antennen 6, 7, 8, 9 abgewichen zu werden.

Figur 10 zeigt den kompletten Antennenaufbau gemäß Figur 7 einschließlich der Lage der Entkoppelspulen 4, 5. Wie hier dargestellt ist, werden die jeweils diagonal gegenüberliegenden Antennen 6, 8, 7, 9 durch je eine Entkoppelspule 4, 5 entkoppelt. Die Entkoppelspule 5 ist dabei identisch zur Entkoppelspule 4. Sie ist lediglich um 90° gedreht angeordnet. Dabei sind die beiden Entkoppelspulen 4, 5 so angeordnet, dass sie mit ihren Symmetriellängsachsen L parallel zu den jeweiligen diagonalen Verbindungslinien zwischen den zu entkoppelnden Antennen verlaufen. Durch diese rechtwinklig zueinander stehende Anordnung der Entkoppelspulen 4, 5 ist dafür gesorgt, dass sich die Entkoppelspulen 4, 5 nicht untereinander stören.

Die Anordnung der Entkoppelspulen 4, 5 bezüglich der Antennenebene, in welcher die Antennen 6, 7, 8, 9 - beispielsweise als Leiterbahnen auf einer Multilayer-Leiterbahnfolie - angeordnet sind, ist derart, dass eine der Entkoppelspulen 5 sich von der Sichtrichtung in Figur 10 aus unter der Antennenebene und die andere Entkoppelspule 4 oberhalb der Antennenebene befindet.

Die Antennenanordnung gemäß Figur 10 kann in gleicher Weise noch in jeder Richtung beliebig erweitert werden, indem wei-

tere Antennen hinzugefügt werden und jeweils die diagonal zueinander stehenden Antennen wieder über die erfindungsgemäßen Entkoppelspulen 4, 5 voneinander entkoppelt werden. Es kann somit ein beliebiges großes Antennenarray aufgebaut werden.

5

Es wird an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den vorbeschriebenen Aufbauten lediglich um Ausführungsbeispiele handelt und dass das Grundprinzip der Entkoppelung mit einer erfindungsgemäßen Entkoppelspule auch in weiten Bereichen vom Fachmann variiert werden kann.

10

So kann insbesondere auch eine Einstellung der Koppelung zwischen der Entkoppelspule und den zu entkoppelnden Antennen über die Veränderung der Koppelgeometrie erfolgen, d. h. beispielsweise durch eine Vergrößerung oder Verkleinerung der Entkoppelspule oder durch eine nähere oder weitere Anordnung von den zu entkoppelnden Antennen. Die Verwendung eines Kondensators zur Bestimmung des Stroms auf der Entkoppelspule ist jedoch von daher bevorzugt, da dieses Element ohne großen Aufwand eine schnell Größenveränderung zulässt und somit eine aufwändige experimentelle Bestimmung der optimalen Koppelgeometrie nicht notwendig ist.

15

20

25

Die erfindungsgemäße Entkoppelung ist besonders vorteilhaft zur Entkoppelung von Oberflächenspulen einsetzbar. Darüber hinaus kann sie im Prinzip aber auch dazu verwendet werden, um weiter entfernte Spulen in MR-Geräten voneinander zu entkoppeln.

Patentansprüche

1. Antennenanordnung für ein Magnetresonanzgerät, welche zu-
mindest zwei benachbarten Einzelantennen (1, 2, 6, 7, 8, 9)

5 umfasst,

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h eine galvanisch-
kontaktfreie Entkoppelspule (3, 4, 5), welche so ausgebildet
und/oder angeordnet ist, dass sie mit den beiden benachbarten
Einzelantennen (1, 2, 6, 7, 8, 9) induktiv derart koppelt,
10 dass die induktive Kopplung zwischen den beiden betreffenden
Einzelantennen (1, 2, 6, 7, 8, 9) minimal ist.

2. Antennenanordnung nach Anspruch 1,

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h ein innerhalb der
15 Entkoppelspule (3, 4, 5) geschaltetes kapazitives Bauteil
(C_3 , C_4 , C_k) und/oder induktives Bauteil zur Einstellung des
Stroms auf der Entkoppelspule (3, 4, 5) auf einen Wert, bei
dem die induktive Kopplung zwischen den beiden zu entkoppeln-
den Einzelantennen (1, 2, 6, 7, 8, 9) minimal ist.

20

3. Antennenanordnung nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Ka-
pazität oder Induktivität des jeweiligen Bauteils (C_3 , C_4)
verstellbar ist.

25

4. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die bei-
den benachbarten Einzelantennen (1, 2, 6, 7, 8, 9) jeweils
eine Leiterschleife umfassen, welche im Wesentlichen unter
30 Bildung eines Antennenfelds in einer gemeinsamen Antennenebe-
ne angeordnet sind.

5. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Ent-
35 koppelspule (3) eine Leiterschleife aufweist, die in einer im
Wesentlichen senkrecht zu den benachbarten, zu entkoppelnden
Einzelantennen (1, 2) stehenden Ebene angeordnet ist.

6. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Ent-
koppelspule (4, 5) eine Leiterschleife aufweist, die in einer
5 im Wesentlichen parallel zu den benachbarten, zu entkoppelnden
Einzelantennen (1, 2, 6, 7, 8, 9) liegenden Ebene ange-
ordnet ist.

7. Antennenanordnung nach Anspruch 6,
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Ent-
koppelspule (4, 5) eine im Wesentlichen nach Art einer Acht
gewickelte Leiterschleife aufweist, die in der parallel zu
den benachbarten, zu entkoppelnden Einzelantennen (1, 2, 6,
7, 8, 9) liegenden Ebene so angeordnet ist, dass jeweils eine
15 Schleifenhälfte (4a, 4b, 5a, 5b) sich mit einer der beiden
Einzelantennen (1, 2, 6, 7, 8, 9) zumindest teilweise in Ü-
berdeckung befindet.

8. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
20 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h mehrere in Reihen
und Spalten zueinander angeordnete Einzelantennen (6, 7, 8,
9), wobei jeweils die in einer Reihe direkt benachbarten Ein-
zelantennen (6, 7, 8, 9) und die in einer Spalte direkt be-
nachbarten Einzelantennen (6, 9, 7, 8) zur Entkopplung einan-
25 der überlappen und die jeweils diagonal benachbarten Einzel-
antennen (6, 8, 7, 9) mittels einer Entkoppelspule (4, 5)
voneinander entkoppelt sind.

9. Antennenanordnung nach Anspruch 7 und 8,
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zwei je-
weils diagonal zueinander benachbarte Einzelantennen (6, 8,
7, 9), welche zu einer Gruppe von vier in zwei Reihen und
Spalten angeordneten Einzelantennen (6, 7, 8, 9) gehören,
durch jeweils eine Entkoppelspule (4, 5) mit einer achtförmig-
35 gen Leiterschleife entkoppelt sind, welche jeweils mit ihrer
Symmetrieachse parallel zu der Verbindungsdiagonalen der zu
entkoppelnden Einzelantennen (6, 8, 7, 9) verläuft.

10. Antennenanordnung nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, dass jeweils
eine Entkoppelspule (4, 5) auf einer Seite der Einzelantennen
5 (6, 7, 8, 9) und die andere Entkoppelspule auf der gegenüber-
liegenden Seite der Einzelantennen (6, 7, 8, 9) angeordnet
ist.

11. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
10 dadurch gekennzeichnet, dass die Ein-
zelantennen (6, 7, 8, 9) jeweils eine oktogonale Leiter-
schleife aufweisen.

12. Magnetresonanzgerät mit einer Antennenanordnung (10) nach
15 einem der Ansprüche 1 bis 11.

13. Verfahren zum Messen von Magnetresonanzsignalen mit einer
Antennenordnung, welche zwei benachbarte Einzelantennen (1,
2, 6, 7, 8, 9) umfasst,
20 dadurch gekennzeichnet, dass die
benachbarten Einzelantennen (1, 2, 6, 7, 8, 9) mittels einer
galvanisch-kontaktfreien Entkoppelspule (3, 4, 5) voneinander
entkoppelt werden, welche so ausgebildet und/oder angeordnet
ist, dass sie mit den beiden benachbarten Einzelantennen (1,
25 2, 6, 7, 8, 9) derart induktiv koppelt, dass die induktive
Kopplung zwischen den beiden Einzelantennen (1, 2, 6, 7, 8,
9) minimal ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13,
30 dadurch gekennzeichnet, dass mittels
eines innerhalb der Entkoppelspule (3, 4, 5) geschalteten ka-
pazitiven Bauteils (C_3 , C_4 , C_K) und/oder eines induktiven Bau-
teils der Strom auf der Entkoppelspule (3, 4, 5) auf einen
Wert eingestellt wird, bei dem die induktive Kopplung zwi-
35 schen den beiden zu entkoppelnden Einzelantennen (1, 2, 6, 7,
8, 9) minimal ist.

Zusammenfassung

Antennenanordnung für ein Magnetresonanzgerät

- 5 Es wird eine Antennenanordnung für ein Magnetresonanzgerät beschrieben, welche zumindest zwei benachbarten Einzelantennen (1, 2) umfasst. Die Antennenanordnung weist eine galvanisch-kontaktfreie Entkoppelspule (4) auf, welche so ausgebildet und/oder angeordnet ist, dass sie mit den beiden be-
- 10 nachbarten Einzelantennen (1, 2) induktiv derart koppelt, dass die induktive Kopplung zwischen den beiden betreffenden Einzelantennen (1, 2) minimal ist. Darüber hinaus wird ein entsprechendes Verfahren zum Messen von Magnetresonanzsignalen mit einer solchen Antennenanordnung beschrieben.

15

FIG 5

FIG 1 Stand der Technik

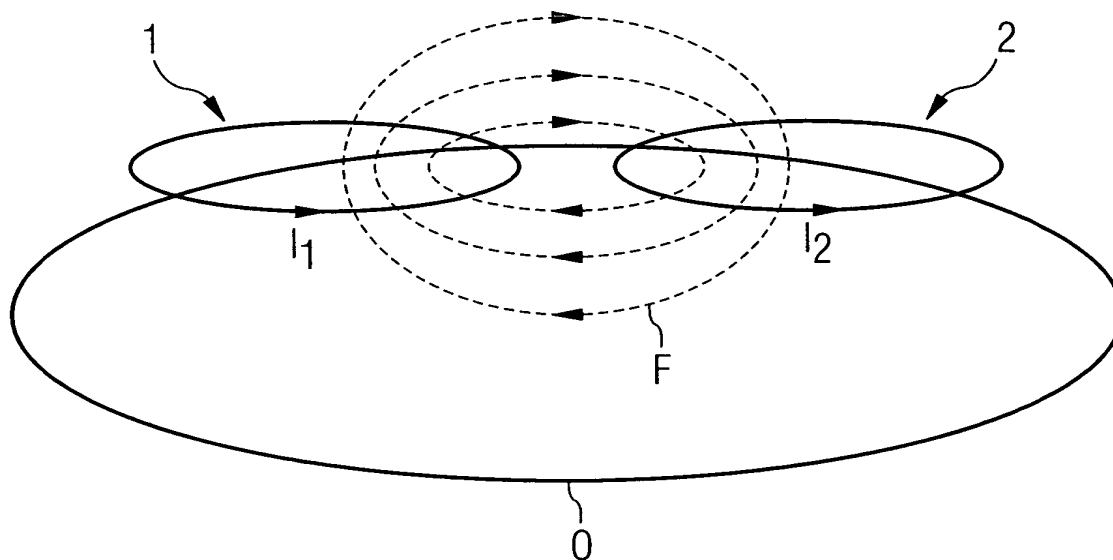


FIG 2 Stand der Technik

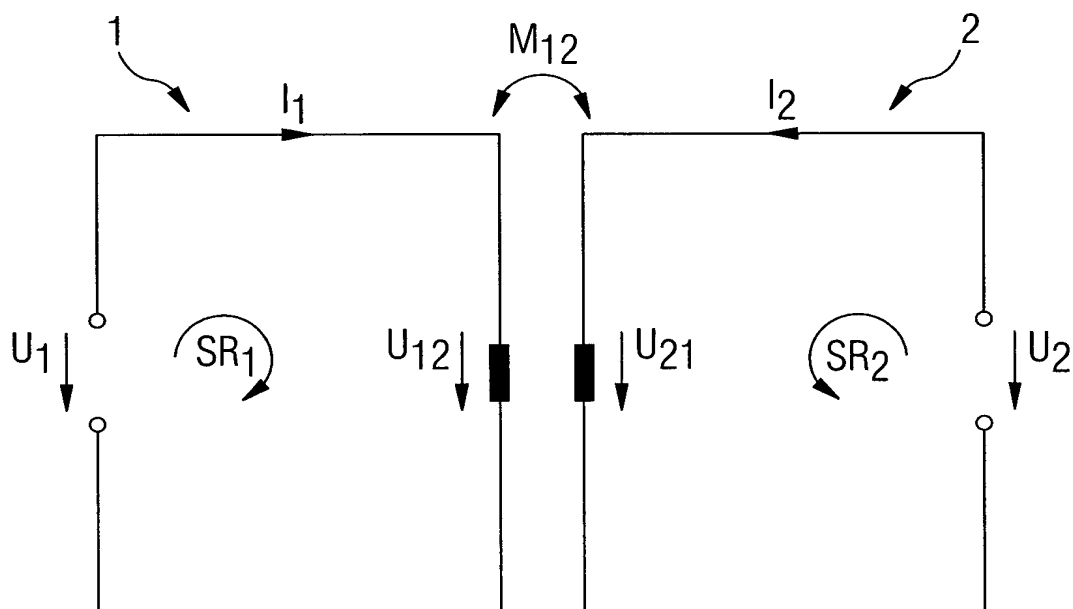


FIG 3

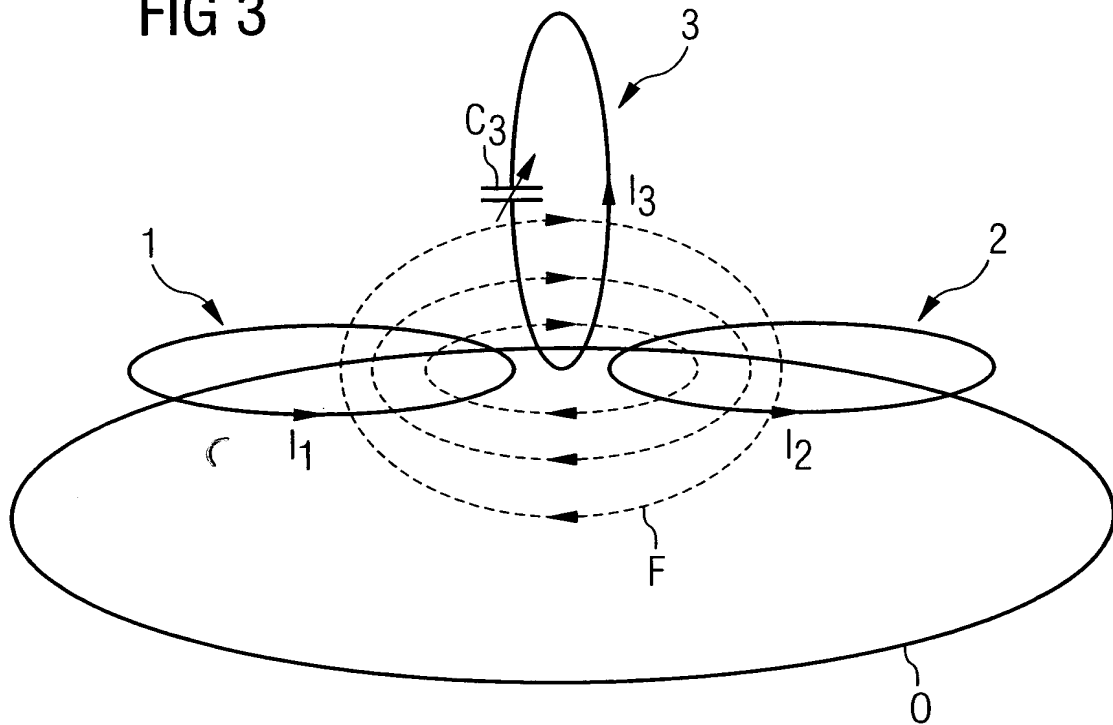


FIG 4

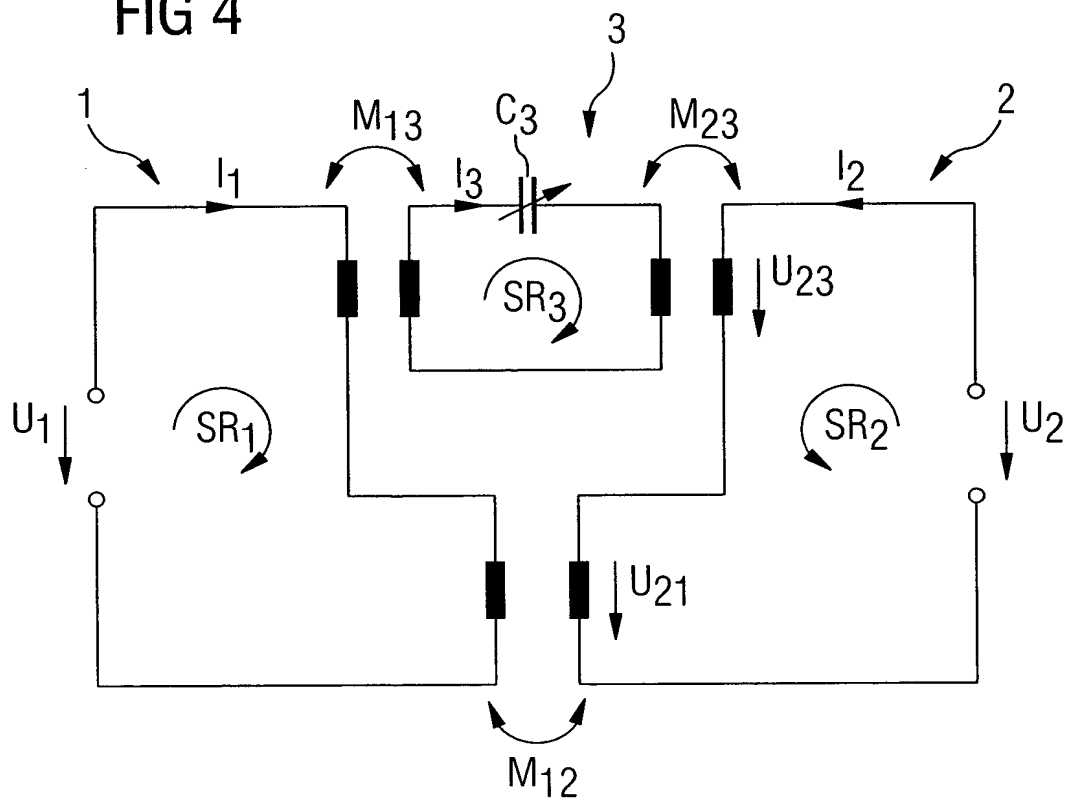


FIG 5

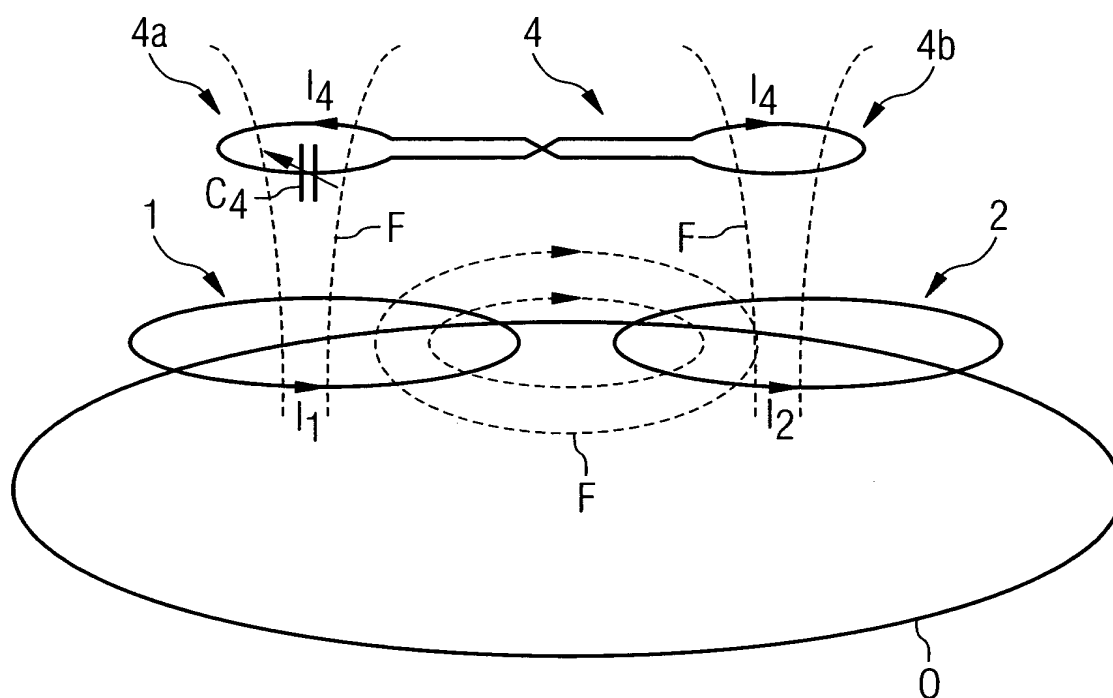


FIG 6

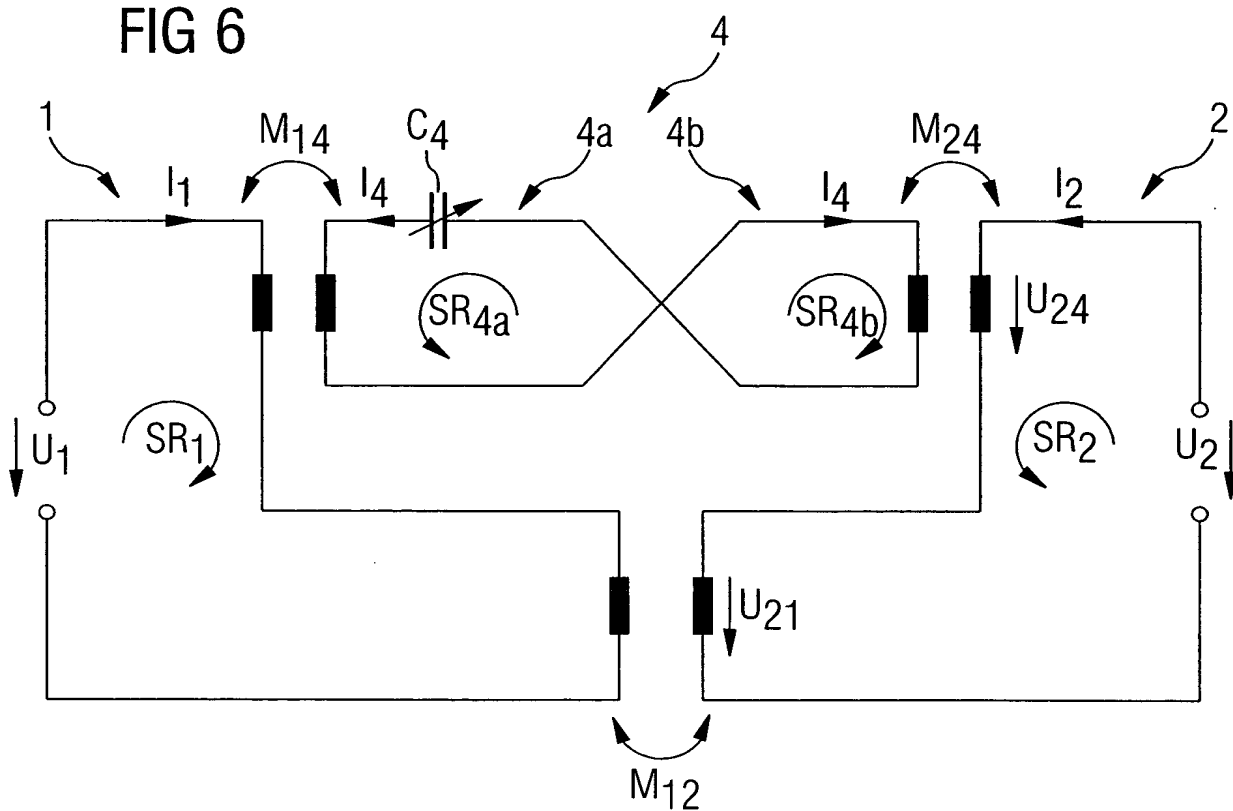


FIG 7

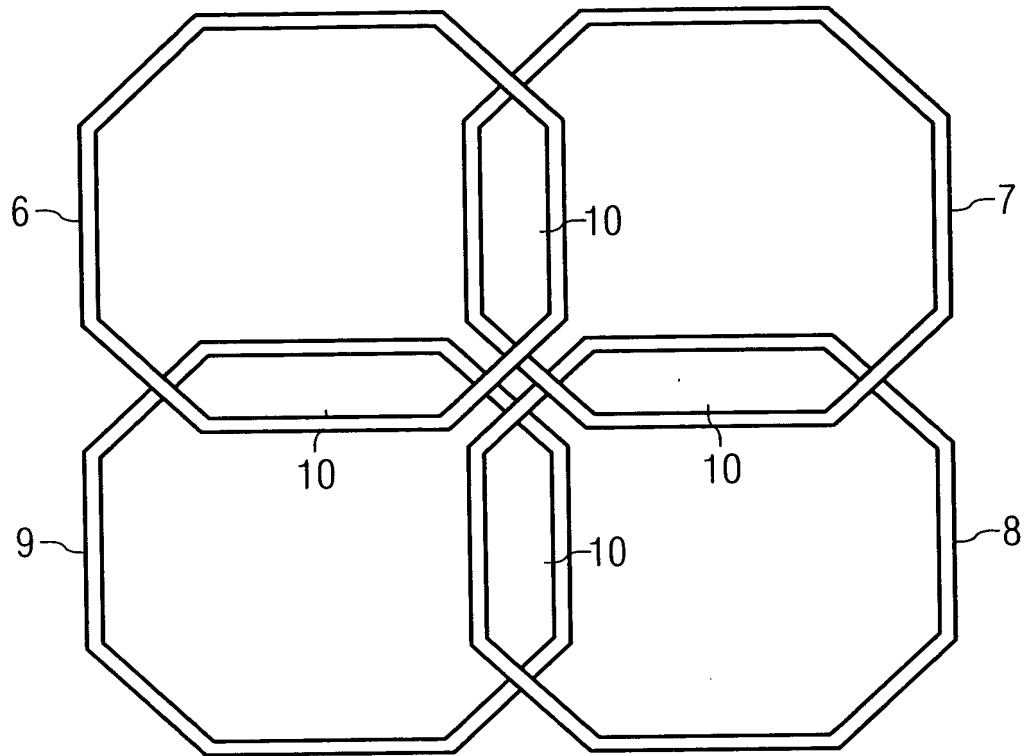


FIG 8

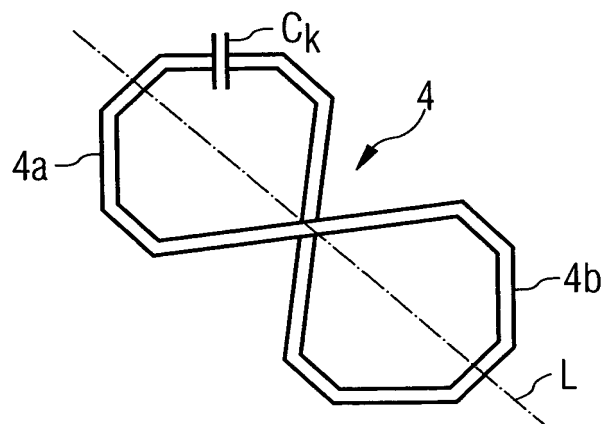


FIG 9

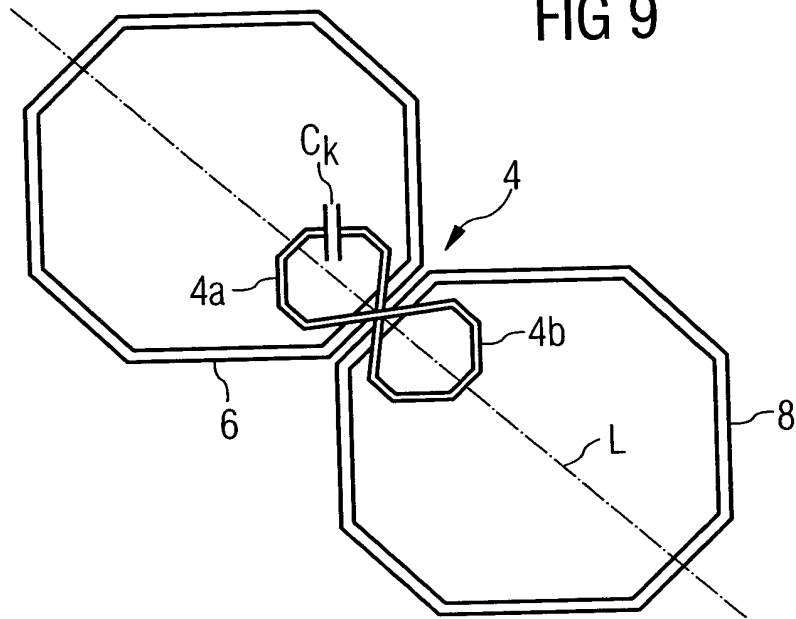
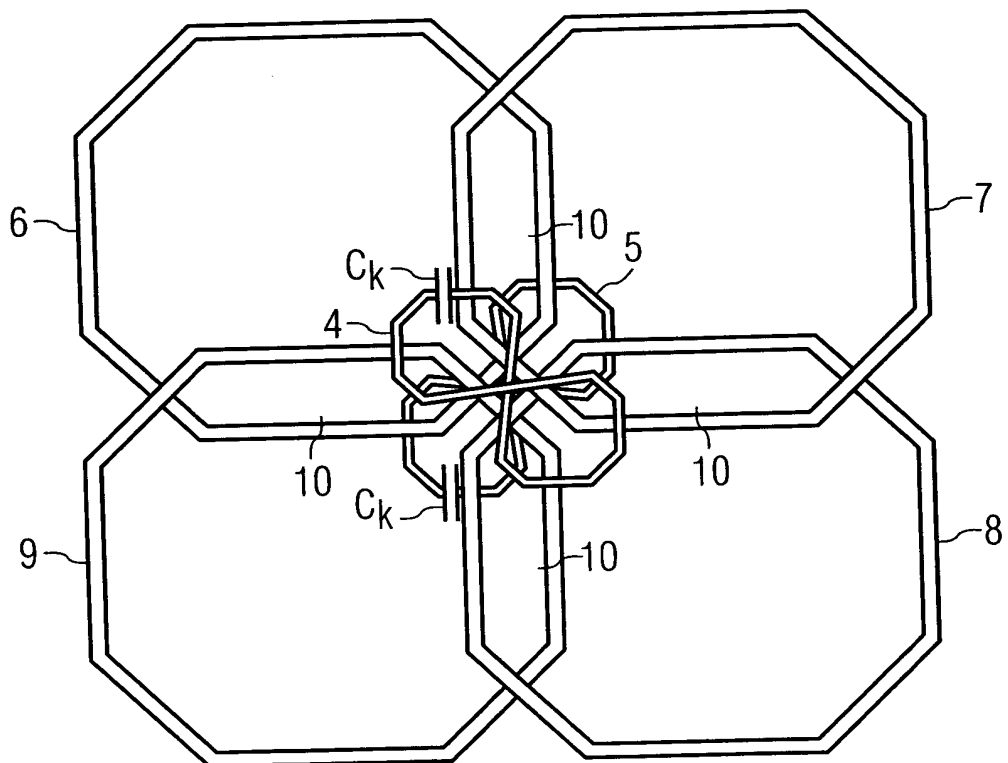


FIG 10



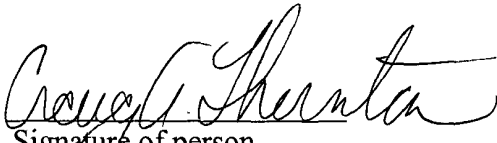
CERTIFICATE OF MAILING BY "EXPRESS MAIL"

"Express Mail" Mailing Label Number **EL 843733022US**

Date of Deposit: September 23, 2003

I hereby certify that the following is being deposited with the United States Postal "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 CFR 1.10 on the date indicated above and is addressed to Mail Stop Patent Application, Commissioner for Patents, PO Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Proposed Patent Application for ARNE REYKOWSKI entitled "ANTENNA ARRANGEMENT AND COUPLING METHOD FOR A MAGNETIC RESONANCE APPARATUS" consisting of specification, claims, abstract, unexecuted declaration, 5 sheets of drawings, Filing Fee, a Certified copy of a German Application, a Letter under Rule 37 CFR 1.41© for Attorney Docket No. P03,0329



Signature of person
mailing application